

# **Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)**

International application number: PCT/JP05/000289

International filing date: 13 January 2005 (13.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-008056  
Filing date: 15 January 2004 (15.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

14.01.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日      2004年  1月15日  
Date of Application:

出願番号      特願2004-008056  
Application Number:

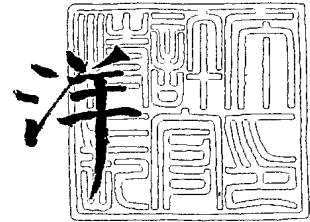
[ST. 10/C] :      [JP2004-008056]

出願人      松下電器産業株式会社  
Applicant(s):

2005年  2月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2901250063  
【提出日】 平成16年 1月15日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G06T 5/00  
【発明者】  
  【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
  【氏名】 荒木 信博  
【発明者】  
  【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
  【氏名】 薩谷 克則  
【特許出願人】  
  【識別番号】 000005821  
  【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
【代理人】  
  【識別番号】 230104019  
  【弁護士】  
  【氏名又は名称】 大野 聖二  
  【電話番号】 03-5521-1530  
【選任した代理人】  
  【識別番号】 100106840  
  【弁理士】  
  【氏名又は名称】 森田 耕司  
  【電話番号】 03-5521-1530  
【選任した代理人】  
  【識別番号】 100115808  
  【弁理士】  
  【氏名又は名称】 加藤 真司  
  【電話番号】 03-5521-1530  
【手数料の表示】  
  【予納台帳番号】 185396  
  【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
  【物件名】 特許請求の範囲 1  
  【物件名】 明細書 1  
  【物件名】 図面 1  
  【物件名】 要約書 1

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

光源から照射光を照射するとともに、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記照射光を走査する走査ステップと、

前記走査ステップでの被測定素子の走査にともなって前記照射光を前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、

前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、  
を含むことを特徴とする光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 2】**

前記演算ステップは、前記走査ステップでの前記照射光の走査にともなって前記被測定素子にて逐次変換された電気信号の分布を示す像強度分布データを生成し、前記像強度分布データに基づいて前記被測定素子の前記光学的伝達関数を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 3】**

前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の径が前記素子のピッチの 2 分の 1 以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が点状となる照射光を照射し、

前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、点像強度分布データを生成し、前記点像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 4】**

前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の幅が前記素子のピッチの 2 分の 1 以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が線状となる照射光を照射し、

前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、線像強度分布データを生成し、前記線像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 5】**

前記走査ステップは、複数の前記被測定素子上にて前記照射光を走査し、

前記演算ステップは、前記複数の被測定素子の光学的伝達関数を用いた補間処理により、前記被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を算出する処理を含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 6】**

前記像強度分布データと、当該像強度分布データに対応する被測定素子の位置情報を用いて、前記撮像面での像の歪みに関する歪曲特性データを生成する歪曲特性データ生成ステップをさらに含むことを特徴とする請求項 2 ないし請求項 5 のいずれかに記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 7】**

前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像カメラへの照射角度または照射位置の少なくとも一方を変更することにより、前記照射光を走査することを特徴とする請求項 1 に記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 8】**

前記走査ステップは、前記撮像カメラの角度または位置の少なくとも一方を変更することにより、前記被撮像素子上にて前記照射光を走査することを特徴とする請求項 1 に記載の光学的伝達関数の測定方法。

**【請求項 9】**

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかの測定方法にて光学的伝達関数を測定し、測定された光学的伝達関数を用いて、前記撮像カメラにて取得された画像データの復元処理を行うことを特徴とする画像復元方法。

**【請求項 10】**

被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラを備え、

光源から照射光を照射するとともに、前記撮像カメラの撮像光学系と像素子とが一体となった状態で、前記照射光によって前記像素子のうちの被測定素子を走査する走査ステップと、

前記走査ステップで走査される前記照射光を、前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、

前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、

を含む測定方法によって測定された光学的伝達関数を保存する記憶手段と、

前記記憶手段に保存された光学的伝達関数と前記撮像カメラにて生成した画像データとをセットにして送信する送信手段と、

を備えたことを特徴とする携帯電話装置。

#### 【請求項 1 1】

被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラを備え、

光源から照射光を照射するとともに、前記撮像カメラの撮像光学系と像素子とが一体となった状態で、前記照射光によって前記像素子のうちの被測定素子を走査する走査ステップと、

前記走査ステップで走査される前記照射光を、前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、

前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、

を含む測定方法によって測定された光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーを、前記撮像カメラにて生成した画像データに付するタグ生成手段を備えたことを特徴とする携帯電話装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】光学的伝達関数の測定方法、画像復元方法および携帯電話装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像カメラにて生成された画像を原画像に近い画像に復元するための光学的伝達関数の測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の撮像カメラでは、撮像カメラの形状は小型化および薄型化され、それに伴って撮像光学系の全長が短縮され、構成レンズ枚数も削減されている。このような小型化および薄型化された撮像カメラでは、撮像光学系の解像性能を向上させることは困難であり、レンズの収差等の要因によって画像劣化が著しくなる。したがって、従来の小型化および薄型化された撮像カメラでは、撮像素子が高解像度化されているにもかかわらず、撮像光学系の解像性能が向上していないことから、撮像素子の解像度に見合うだけの画質の画像が得られていない。

【0003】

従来より、劣化画像を原画像に近い画像に復元する手法として、撮像カメラの撮像光学系に固有の光学的伝達関数を用いて劣化画像をデコンボリューション処理し、復元画像を得る手法が知られている（例えば特許文献1参照）。従来では、撮像カメラに用いるレンズ等の光学部品を測定装置に設置し、撮像素子の素子ピッチ以上の空間周波数をもつパターンを測定装置の投影面に投影してMTF (Modulation Transfer Function) を測定し、このMTF測定値を光学的伝達関数として用いている。

【特許文献1】特開2002-24816号公報（第4—5頁、第1図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、高解像度化に伴って、撮像面を構成する素子の数は増大し、かつ、各素子のサイズは小さくなってしまい、撮像素子のクロストークが画像劣化の原因として無視できないレベルになってきた。上記の従来の光学的伝達関数の測定方法においては、撮像カメラの撮像光学系のみを測定装置に設置して、MTFを測定している。すなわち、従来の画像復元方法では、撮像カメラの撮像光学系による劣化要因のみを示すMTFを光学的伝達関数として用いているため、撮像素子のクロストークが画像劣化の要因として考慮されていない。また、撮像光学系が実際に撮像カメラに備えられた際には、撮像光学系と撮像素子の位置関係によっては測定装置に設置された時とはフォーカス状態が異なることがある。これらの理由により、実際の撮像カメラで取得された画像が、光学的伝達関数を測定したときとは異なる要因によって劣化していることがあった。したがって、上記方法により求めた光学的伝達関数を用いたデコンボリューション処理によっては忠実に画像を復元できないことがあった。

【0005】

さらに、従来の光学的伝達関数の測定方法においては、撮像光学系を撮像カメラから取り出して測定装置に設置する必要があったため、光学的伝達関数を得るために、撮像カメラの分解および再組立が必要であり、光学的伝達関数の測定は容易ではなかった。

【0006】

本発明は、従来の問題を解決するためになされたものであって、より忠実に原画像を復元するための光学的伝達関数を簡易な方法で作成できる光学的伝達関数の測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の光学的伝達関数の測定方法は、光源から照射光を照射するとともに、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記

照射光を走査する走査ステップと、前記走査ステップでの被測定素子の走査にともなって前記照射光を前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップとを含んでいる。

#### 【0008】

この構成により、実際に撮像カメラに配置された撮像光学系と撮像素子を用いて光学的伝達関数を求めるので、撮像光学系にて生じる画像劣化要因と、素子間のクロストークによる画像劣化要因が反映された光学伝達関数を算出できる。また、撮像カメラに備えられた撮像光学系を通して、撮像カメラの撮像面を構成している素子を照射光で走査することにより光学的伝達関数を算出するので、撮像カメラを分解することなく容易に光学的伝達関数を算出できる。

#### 【0009】

さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記演算ステップは、前記走査ステップでの前記照射光の走査にともなって前記被測定素子にて逐次変換された電気信号の分布を示す像強度分布データを生成し、前記像強度分布データに基づいて前記被測定素子の前記光学的伝達関数を算出する。

#### 【0010】

この構成により、被測定素子ごとの像強度分布データが生成されるので、位置によって画像の劣化度合いが異なる場合に、位置ごとに異なる光学的伝達関数を測定できる。

#### 【0011】

さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の径が前記素子のピッチの2分の1以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が点状となる照射光を照射し、前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、点像強度分布データを生成し、前記点像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出する。

#### 【0012】

この構成により、被測定素子の点像強度分布データが得られ、この点像強度分布データから光学的伝達関数を算出できる。

#### 【0013】

さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の幅が前記素子のピッチの2分の1以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が線状となる照射光を照射し、前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、線像強度分布データを生成し、前記線像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出する。

#### 【0014】

この構成により、被測定素子の線像強度分布データが得られ、この線像強度分布データから光学的伝達関数を算出できる。また、照射光が線状であるから、複数の被測定素子の線像強度分布を同時に測定できるため、短時間でより多くの被測定素子の光学的伝達関数を算出できる。

#### 【0015】

さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、複数の前記被測定素子上にて前記照射光を走査し、前記演算ステップは、前記複数の被測定素子の光学的伝達関数を用いた補間処理により、前記被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を算出する処理を含んでいる。

#### 【0016】

この構成により、像強度分布データを求める処理および像強度分布データから光学的伝達関数を生成する処理の負担を軽減し、光学的伝達関数の測定に要する時間を短縮できる。また、複数の被測定素子のそれぞれの像強度分布データを用いて補間処理によって他の素子の光学的伝達関数が算出されるので、位置によって画像劣化の度合いが異なる場合に

も、撮像素子のすべての素子について、そのような不均一性を反映した光学的伝達関数を得られる。

#### 【0017】

また、本発明の光学的伝達関数の測定方法は、前記像強度分布データと、当該像強度分布データに対応する被測定素子の位置情報を用いて、前記撮像面での像の歪みに関する歪曲特性データを生成する歪曲特性データ生成ステップをさらに含んでいる。

#### 【0018】

この構成により、撮像光学系の分解性能の限界に起因する画質の劣化だけでなく、撮像光学系に起因する像の歪みを補正するためのデータを生成できる。

#### 【0019】

さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像カメラへの照射角度または照射位置の少なくとも一方を変更することにより、前記照射光を走査する。この構成により、撮像カメラを固定した状態で照射光を走査できる。

#### 【0020】

さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記撮像カメラの角度または位置の少なくとも一方を変更することにより、前記被撮像素子上にて前記照射光を走査する。この構成により、照射光が撮像面に対して相対的に移動することにより、照射光が走査される。

#### 【0021】

また、本発明の画像復元方法は、上記の測定方法にて光学的伝達関数を測定し、測定された光学的伝達関数を用いて、前記撮像カメラにて取得された画像データの復元処理を行う。これにより、高精細な復元画像を得られる。

#### 【0022】

また、本発明の携帯電話装置は、被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラと、上記の測定方法によって測定された光学的伝達関数を保存する記憶手段と、前記記憶手段に保存された光学的伝達関数と前記撮像カメラにて生成した画像データとをセットにして送信する送信手段とを備えている。

#### 【0023】

この構成により、上記の測定方法によって測定された光学的伝達関数と被写体の画像データとをセットにして送信するので、受信者は、送信された光学伝達関数を用いて容易に画像データの復元処理を行える。

#### 【0024】

また、本発明の携帯電話装置は、被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラと、上記の測定方法によって測定された光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーを、前記撮像カメラにて生成した画像データに付するタグ生成手段とを備えている。

#### 【0025】

この構成により、光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーのタグが画像データに付されるので、このタグ付き画像データを画像補正装置等の外部機器に送信しても、当該外部機器で混在したファイルの中から光学的伝達関数を取り違えることなく画像データの復元処理を行える。

#### 【発明の効果】

#### 【0026】

本発明は、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの光学的伝達関数を求めるので、実際に撮像カメラに配置された撮像光学系にて生じる画像劣化要因と、撮像素子の素子間のクロストークによる画像劣化要因が反映された光学伝達関数を算出でき、かつ、撮像カメラを分解することなく容易に光学的伝達関数を算出できる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0027】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

### 【0028】

#### (第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態の像強度分布測定装置を図1に示す。図1において、像強度分布測定装置30は、光源31、ピンホール板32、軸外し放物面鏡33およびカメラ保持機構34を備えている。像強度分布測定装置30は、撮像光学系およびCCDまたはCMOSセンサ等の撮像素子を備えた撮像カメラの像強度分布を測定するための装置である。光源31は、測定対象の撮像カメラの仕様波長を包含する波長特性をもつ照射光を発光する。ピンホール板32は、光源31の近傍に設けられている。ピンホール板32のピンホールを通過した照射光は発散光として軸外し放物面鏡33に入射する。照射光は、軸外し放物面鏡33にて反射し、色収差のない平行光となって、カメラ保持機構34に保持された撮像カメラ11の撮像光学系に入射する。

### 【0029】

図2は、撮像カメラ11の撮像面に投影される照射光の像（ピンホール像）を説明する図である。ピンホール板32は、ピンホール像71がカメラ保持機構34に保持された撮像カメラ11の撮像面で近軸光サイズになるような共役条件を満たす位置に設置される。また、ピンホールの径は、上記の像強度分布測定装置30の構成で、ピンホール像71の径が、図2に示されるように、撮像素子80の素子ピッチの2分の1以下になる大きさに設定されている。このように、ピンホール像71の径を素子ピッチの2分の1以下の大きさとするのは、光学的伝達関数の測定において、照射光源からカメラを通して結像する点像強度分布を点光源の結像と等価的にするためである。

### 【0030】

カメラ保持機構34は、測定対象の撮像カメラ11を保持するための機構である。カメラ保持機構34は、保持された撮像カメラ11を撮像素子のx軸周りおよびy軸周りに回転させる回転機構を備えている。x軸周りの回転によって、図2に示されるように、ピンホール像は相対的に撮像面上をy軸方向に移動し、y軸周りの回転によって、ピンホール像は相対的に撮像面上をx軸方向に移動する。この回転機構で、撮像カメラ11をステップ状に回転させることにより、照射光が撮像カメラ11の撮像素子をx軸方向またはy軸方向に走査する。回転のステップ幅は、ピンホール像が撮像素子の素子ピッチよりも十分小さい幅、例えば、素子ピッチの10分の1程度の幅で移動するよう設定されている。撮像カメラ11は、ステップごとに撮像素子にて光電変換を行い、電気信号を生成する。

### 【0031】

図3は、第1の実施の形態の画像復元システム10の構成を示すブロック図である。図3に示されるように、画像復元システム10は、撮像カメラ11、画像復元用データ生成装置12および画像補正装置13を備えている。撮像カメラ11は、撮像光学系、撮像素子およびA/D変換器を備えている。撮像カメラ11は、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に設置されたときには、撮像素子での光電変換にて得られた電気信号81を画像復元用データ生成装置12に出力し、通常の撮像時には、撮像素子にて得られた電気信号を画像データ82として画像補正装置13に出力する。撮像カメラ11、画像復元用データ生成装置12および画像補正装置13の相互間では、有線または無線の通信により、データの送受信が行われる。なお、通信の代わりに、可搬型の記録媒体によって装置間でのデータの受け渡しが行われてもよい。

### 【0032】

画像復元用データ生成装置12は、像強度分布データ生成部14、光学的伝達関数算出部15、歪曲特性データ生成部16およびデータファイル作成部17を備えている。像強度分布データ生成部14は、撮像カメラ11が像強度分布測定装置30に設置されたときに撮像カメラ11より出力される電気信号81を用いて、被測定素子ごとに、像強度分布データ83を生成して出力する機能を有している。本実施の形態の像強度分布データ生成部14は、像強度分布データとして点像強度分布データを生成する。光学的伝達関数算出部15は、像強度分布データ生成部14より出力された被測定素子ごとの像強度分布データ

タ83をそれぞれフーリエ変換して、被測定素子ごとに、フーリエスペクトルおよび位相特性からなる光学式伝達関数84を算出する機能を有している。

#### 【0033】

歪曲特性データ生成部16は、像強度分布データ生成部14より出力された複数の被測定素子の像強度分布データ83を用いて、像の歪みを示す歪曲特性データ85を生成する機能を有している。データファイル作成部17は、すべての被測定素子の光学的伝達関数と、歪曲特性データ生成部16にて生成された歪曲特性データとを含む画像復元用データファイル86を作成して、出力する機能を有している。

#### 【0034】

画像補正装置13は、ピクセル強度変換部18、画像復元用データ補間部19、デコンボリューション処理部20、歪曲補正部21および復元画像出力部22を備えている。ピクセル強度変換部18は、撮像カメラ11より出力された画像データを強度変換して画像強度データ87を生成する機能を有している。画像復元用データ補間部19は、画像復元用データ生成装置12より出力された画像復元用データファイルに含まれる被測定素子の光学的伝達関数を用いて補間処理を行うことにより、被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を求める機能を有している。画像復元用データ補間部19は、この補間処理により、すべての素子についての光学的伝達関数88を作成する。また、画像復元用データ補間部19は、画像復元用データに含まれる歪曲特性データを変換して、歪曲補正用データ89を生成する機能を有している。

#### 【0035】

デコンボリューション処理部20は、ピクセル強度変換部18にて生成された画像強度データ97に対して、画像復元用データ補間部19にて生成された光学的伝達関数を用いてデコンボリューション処理を行い、復元画像データ90を生成する機能を有している。また、歪曲補正部21は、デコンボリューション処理にて生成された復元画像データ90に対して、画像復元用データ補間部19にて生成された歪曲補正用データ89を用いて歪曲補正を行い、歪曲補正画像データ91を生成する機能を有している。出力部22は、歪曲補正画像データ91を出力する機能を有している。

#### 【0036】

以上のように構成された像強度分布測定装置30および像強度分布測定装置10について、それらの動作を説明する。以下では、光学的伝達関数および歪曲特性データを含む画像復元用データファイル86を生成する動作、および、画像復元用データファイル86を用いて画像データ82を補正する動作をそれぞれ分けて説明する。

#### 【0037】

まず、画像復元用データファイル86を生成する際の動作を説明する。画像復元用データファイルを作成する際には、まず、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に撮像カメラ11を設置する。このとき、撮像カメラ11は、撮像光学系が軸外し放物面鏡33からの反射光を取り込む向きに設置される。光源31からは照射光が発光される。ピンホール板32のピンホールを通過した照射光は、軸外し放物面鏡33にてコリメートされてカメラ保持機構34に保持された撮像カメラ11に向かって反射する。この反射光は、撮像カメラ11の撮像光学系を通過して、撮像面に投影される。この状態で、照射光による撮像素子の走査が行われる。

#### 【0038】

撮像面の撮像素子上にピンホール像が投影された状態で、カメラ保持機構34は、y軸周り（図1参照）にステップ状に回転する。これにより、照射光の像は、撮像素子を構成する一つの素子をx軸方向に走査する。また、カメラ保持機構34がx軸周りに回転するときは、照射光の像はy軸方向に素子を走査する。撮像カメラ11は、ステップごとに撮像素子にて投影光を光電変換して、電気信号81を画像復元用データ生成装置12の像強度分布データ生成部14に出力する。像強度分布データ生成部14は、撮像カメラ11からステップごとの電気信号81を受け取ると、この電気信号81を用いて像強度分布データ83を生成する。

**【0039】**

図4は、像強度分布データ生成部14にて生成される像強度分布データ83を示すグラフである。図4のグラフでは、横軸が走査角度であり、縦軸が被測定素子より出力される電気信号の強度である。この像強度分布データの走査角度を撮像光学系の焦点距離で換算すると空間上の像強度分布データが得られる。

**【0040】**

図4に示されるように、像強度分布データ83は、収差を含んだ非点対称の分布形状をしている。本実施の形態では、図4に示されるように、照射光をy軸方向に走査した場合の方が、x軸方向に走査した場合よりも分布が広がっている。これは、照射光の像が撮像面上で、長径がy軸方向で短径がx軸方向である橢円形になっていることを示している。

**【0041】**

像強度分布測定装置30および画像復元システム10は、このようにして、複数の素子についてx軸方向の走査による像強度分布の測定を行い、また、複数の素子についてy軸方向の走査による像強度分布の測定を行う。ここでは、x軸方向およびy軸方向の走査による測定をそれぞれ5個ずつの素子について行う。被測定素子は、撮像素子の中から偏りなく選択される。そして、像強度分布データ生成部14は、各被測定素子の像強度分布データ83を生成して、光学的伝達関数算出部15および歪曲特性データ生成部16に出力する。光学的伝達関数算出部15は、像強度分布データ生成部14より出力された被測定素子ごとの像強度分布データ83を空間周波数でフーリエ変換して、各被測定素子の光学的伝達関数84を算出する。

**【0042】**

図5は、光像強度分布データ生成部14で生成された像強度分布データ83を光学的伝達関数算出部15にてフーリエ変換して得られた光学的伝達関数84を示すグラフである。図5に示されるように、光学的伝達関数84は、フーリエスペクトルと位相特性とからなる。本実施の形態では、像強度分布データ生成部14にて、10個の被測定素子に対応する10個の像強度分布データ83が生成されるので、光学的伝達関数算出部15は、これらの各像強度分布データ83をフーリエ変換して10個の光学的伝達関数84を算出する。

**【0043】**

歪曲特性データ生成部16は、像強度分布データ生成部14より出力された像強度分布データ83を取り込んで、被測定素子ごとに、ピクセル強度が最大になる走査角度（最大強度角）を求める。そして、各被測定素子での最大強度角とそれらの被測定素子の位置の情報から、測定対象とならなかった素子のピクセル強度が最大になる走査角度を求める。このようにして生成された素子ごとの最大強度角のデータは、各素子の強度重心の歪曲特性と等価なデータである。歪曲特性データ生成部16は、このデータを歪曲特性データ85として出力する。

**【0044】**

データファイル作成部17は、光学的伝達関数算出部15より出力された各素子の光学的伝達関数84および歪曲特性データ生成部16より出力された歪曲特性データ85を含む画像復元用データファイル86を作成して、出力する。

**【0045】**

次に、画像復元用データファイル86を用いて画像データ82を補正する際の動作を説明する。まず、画像復元用データ補間部19は、画像復元用データ生成装置12より出力された画像復元用データファイル86を取り込む。上述のように、本実施の形態では、画像復元用データファイル86には、10個の被測定素子に対応して、光学的伝達関数84が10個しか含まれていない。画像復元用データ補間部19は、これらの10個の光学的伝達関数84を用いて補間処理を行い、他の素子の光学的伝達関数を算出する。補間処理には、スプライン補間等の公知の手法を採用できる。この補間処理により、撮像面の全素子の光学的伝達関数88が求まる。

**【0046】**

また、画像復元用データ補間部19は、画像復元用データファイル86に含まれる歪曲特性データ85を変換することにより、歪曲補正用データ89を生成する。画像復元用データ補間部19は、生成された全素子の光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89を保存する。

#### 【0047】

次に、画像復元用データファイルを用いて画像データを補正する際の動作を説明する。被写体からの光は、撮像カメラ11の撮像光学系を通過して撮像面に投影される。そして、撮像素子は、被写体からの光を光電変換することにより画像データ82を生成して出力する。この画像データ82は、撮像光学系の収差および素子間のクロストーク等の要因によって劣化した劣化画像の画像データであり、画像補正装置13にて補正の対象となる画像データである。

#### 【0048】

画像補正装置13は、撮像カメラ11から出力された画像データ82を取り込み、ピクセル強度変換部18にて、画像データ82を強度変換して、画像強度データ87を生成する。次に、デコンボリューション処理部20は、画像復元用データ補間部19に保存された光学的伝達関数88を用いて、ピクセル強度変換部18にて生成された画像強度データ87に対してデコンボリューション処理を行う。

#### 【0049】

デコンボリューション処理部20は、デコンボリューション処理の復元フィルタM(u, v)として、以下の関数を用いる。

#### 【数1】

$$\begin{aligned} M(u, v) &= \frac{H^*(u, v)S_{ff}(u, v)}{S_{ff}(u, v)|H(u, v)|^2 + S_{vv}(u, v)} \\ &= \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + [S_{vv}(u, v)/S_{ff}(u, v)]} \end{aligned}$$

上記の式にてH(u, v)は光学的伝達関数であり、S<sub>ff</sub>は入力信号のスペクトル密度、すなわちピクセル強度変換部18から出力される画像強度データ87であり、S<sub>vv</sub>(u, v)はノイズのスペクトル密度である。

#### 【0050】

元画像f(x, y)、劣化画像g(x, y)および復元画像f<sup>~</sup>(x, y)のそれぞれの2次元フーリエ変換をF(u, v)、G(u, v)およびF<sup>~</sup>(u, v)とすると、  
 $F^{\sim}(u, v) = (H(u, v) * M(u, v)) * F(u, v)$ 、および  
 $F^{\sim}(u, v) = M(u, v) * G(u, v)$   
 が成り立つ。ここで、「\*」は畳み込み積分を表している。デコンボリューション処理部20は、劣化画像の2次元フーリエ変換G(u, v)に復元フィルタM(u, v)を畳み込み積分してF<sup>~</sup>(u, v)を算出し、これを逆フーリエ変換して復元画像f<sup>~</sup>(x, y)を求める。この復元フィルタM(u, v)は、画像データのノイズ特性に応じて、デコンボリューション処理の対象となる画像データごとに、デコンボリューション処理部20にて作成される。

#### 【0051】

デコンボリューション処理部20にて生成された復元画像データ90は、歪曲補正部21に出力される。この復元画像データ90には像の歪みによる劣化が残っている。歪曲補正部21は、画像復元用データ補間部19から歪曲補正用データ89を読み出して、復元

画像データ90に対して、歪曲補正用データ89を用いて、座標変換および補間処理による歪曲補正を行い、歪曲補正画像データ91を生成する。この歪曲補正画像データ91は出力部22から出力される。出力先は、画像補正装置13内のメモリであってもよいし、可搬型の記憶媒体であってもよいし、または、モニタでもよい。さらに、出力部22は、通信回線に歪曲補正画像データ91を出力してもよい。

#### 【0052】

本実施の形態の光学的伝達関数の測定方法によれば、撮像光学系および撮像素子が撮像カメラ11にアセンブリされた状態で、像強度分布の測定が行われるので、撮像カメラ11のフォーカス状態や素子のクロストーク等の影響を含んだ像強度分布データが得られる。そして、画像補正装置13では、この像強度分布データから得られた光学的伝達関数を用いてデコンボリューション処理を行うので、撮像光学系の解像性能の限界に起因する画像劣化だけでなく、フォーカス状態や素子のクロストークの影響による画像劣化も軽減されて、より高精細な復元画像データを得られる。

#### 【0053】

また、本実施の形態では、像強度分布データが素子ごとに求められて光学的伝達関数が算出されるので、入射位置によって画像の劣化度合いが異なる場合にも、そのような画像劣化を好適に補正して、より高精細な復元画像データを得られる。さらに、像強度分布が素子ごとに求められるので、像強度分布のピークを特定することで、光源からの照射光が素子の中心に入射するときの走査角度を求めることができ、これにより、撮像光学系に起因する像の歪みを補正するための歪曲補正用データを生成できる。そして、歪曲補正用データを用いて画像データを補正することで、撮像光学系に起因する像の歪みが軽減された復元画像データを得られる。

#### 【0054】

##### (第2の実施の形態)

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

上記の第1の実施の形態では、撮像カメラ11を回転させることにより、照射光を撮像素子の撮像面上で相対的に移動させて被測定素子を走査したが、本実施の形態では、撮像カメラ11は固定したままで、照射光の位置を変更することで被測定素子を走査する。

#### 【0055】

図6は、本実施の形態の像強度分布測定装置の構成図である。図6に示されるように、像強度分布測定装置40では、光源41から照射された光は、ピンホール板42のピンホールを通過し、軸外し放物面鏡43にて反射して平行光となる。そして、平行光となった照射光は、反射ミラー45にて反射して、カメラ保持機構44に保持された撮像カメラ11の撮像光学系に入射する。

#### 【0056】

反射ミラー45は、ミラー面内のx軸およびy軸の周りにそれぞれ回転可能であり、図示しない回転駆動機構によって、x軸周りまたはy軸周りにステップ状に回転する。反射ミラー45がy軸周りに回転すると、照射光の像は、撮像カメラ11の撮像面上でx軸方向に移動し、反射ミラー45がx軸周りに回転すると、照射光の像は、撮像面上でy軸方向に移動する。このようにして、被測定素子を照射光でx軸方向およびy方向に走査できる。

#### 【0057】

被測定素子を走査して被測定素子ごとの像強度分布データ83を生成する処理、およびそれ以降の光学的伝達関数84および歪曲特性データ85を生成する処理は、第1の実施の形態と同じである。また、画像補正装置13にて画像データ82を復元する処理も第1の実施の形態と同様である。そして、本実施の形態でも第1の実施の形態と同様の効果が得られる。

#### 【0058】

##### (第3の実施の形態)

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。

上述の第1の実施の形態の像強度分布測定装置30では、光源31の近傍にピンホール板32を設けて、撮像面に点状の照射光の像を投影したが、本実施の形態では、ピンホール板32の代わりにスリット板を設けて、線状の照射光で撮像素子を走査する。

#### 【0059】

図7は、本実施の形態の像強度分布測定装置の構成図である。図7に示されるように、像強度分布測定装置50では、光源51の近傍にスリット板52が設けられている。スリット板52は、スリット保持機構56に保持されており、スリット保持機構56は、スリットの長手方向が、縦方向または横方向になるようにスリット板52を回転させる機構を有している。光源51から発光され、スリット板52のスリットを通過した照射光は、軸外し放物面鏡53にて反射して平行光となる。

#### 【0060】

この平行光は、カメラ保持機構54に保持された撮像カメラ11の撮像光学系を通して撮像素子の撮像面に投影される。なお、スリット板52のスリットの幅は、上記の構成にて、撮像カメラ11の撮像素子に投影される像の近軸像幅が、撮像素子の素子ピッチの2分の1以下になる大きさに設定されている。このように、近軸像幅を素子ピッチの2分の1以下の大さとするのは、光学的伝達関数の測定において、照射光源からカメラを通して結像する線像強度分布を線光源の結像と等価的にするためである。

#### 【0061】

本実施の形態の画像復元システム10の基本的な構成は第1の実施の形態と同様である。本実施の形態では、スリット光で被測定素子を走査するので、像強度分布データ生成部14では複数の被測定素子の像強度分布データが同時に得られる。

#### 【0062】

以上のように構成された第3の実施の形態の像強度分布測定装置30および画像復元システム10について、それらの動作を説明する。まず、スリット保持機構56によってスリットの長手方向が縦方向になるようにスリット板52を保持する。上述のように、光源51からの照射光は、スリット板52のスリットを通過して軸外し放物面鏡53にて反射し、スリット状の平行光となってカメラ保持機構54に保持された撮像カメラ11に入射する。そして、このスリット光は、撮像カメラ11の撮像光学系を通って撮像面に投影される。

#### 【0063】

図8は、撮像面に投影されるスリット光の像（スリット像）を説明するための図である。スリット像72aは、スリットが縦方向に保持されたときのスリット像である。この状態で、カメラ保持機構54は、y軸周りにステップ状に回転する。これにより、スリット像72aは、y軸方向に並んだ複数の被測定素子をx軸方向に走査する。撮像素子をy軸方向に走査するときは、スリット保持機構56は、スリット52の長手方向が横方向になるようにスリット板52を90度回転させる。これにより、撮像面には、x軸に平行なスリット像72bが投影される。そして、この状態で、カメラ保持機構54がx軸周りにステップ状に回転することにより、スリット像72bをy軸方向に移動させる。

#### 【0064】

撮像カメラ11は、ステップごとに撮像素子にて投影光を光電変換して、電気信号81を画像復元用データ生成部12の像強度分布データ生成部14に出力する。像強度分布データ生成部14は、ステップごとの電気信号81が撮像カメラ11から送られてくると、この電気信号81を用いて像強度分布データ83を生成する。本実施の形態では、像強度分布生成部14は、像強度分布データ83として、線像強度分布データを生成する。

#### 【0065】

このようにして撮像素子の複数の被測定素子の像強度分布データ83が得られた後に光学的伝達関数84および歪曲特性データ85を生成する処理は、第1の実施の形態と同じである。また、撮像カメラ11にて生成された画像データ82を復元する処理も、第1の実施の形態と同様である。

#### 【0066】

なお、上記の例では、スリット板52の向きを変更することによりスリット光の向きを変更して、x軸方向およびy軸方向のそれぞれについてスリット光を走査したが、スリット板52の向きを変更する代わりに、カメラ保持機構54にて撮像カメラ11の向きを90度回転させて、撮像面に投影されるスリット像の向きを変更してもよい。

#### 【0067】

本実施の形態でも第1の実施の形態と同様の効果が得られる。さらに、本実施の形態では、スリット光で撮像素子を走査し、複数の素子の像強度分布を同時に測定するので、測定点数の増大または測定時間の短縮が可能である。特に、スリット板52のスリットの長さを軸外し放物面鏡53の無収差範囲内で長くするほど、この効果は大きくなる。

#### 【0068】

##### (第4の実施の形態)

次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。第4の実施の形態の像強度分布測定装置の構成は、第1の実施の形態と同じである。本実施の形態では、画像復元システム10の構成が上記の実施の形態と異なっている。

#### 【0069】

図9は、第4の実施の形態の画像復元システムの構成を示すブロック図である。図9において、第1の実施の形態の画像復元システム10と同様の構成については、図3と同じ符号を付して説明を省略する。図9に示されるように、画像復元システム10は、撮像カメラ11、画像復元用データ生成装置12および画像補正装置13を備えている。画像復元用データ生成装置12は、像強度分布データ生成部14、光学的伝達関数算出部15、歪曲特性データ作成部16およびデータファイル作成部17を備えており、第1の実施の形態と同様にして、測定対象となった複数の各被測定素子の光学的伝達関数84と歪曲特性データ85とを含む画像復元用データファイル86を生成する。本実施の形態のデータファイル作成部17は、さらに、画像復元用データファイル86を特定するためのファイルナンバーを示すタグを画像復元用データファイル86に付して、タグ付き画像復元用データファイル92を生成して出力する。

#### 【0070】

撮像カメラ11は、タグ付き画像復元用データファイル92を受け取ると、画像補正装置13にファイルナンバーの登録するための処理を行う。この処理では、撮像カメラ11からタグ付き画像復元用データファイル92が画像補正装置13に送信される。画像補正装置13では、タグ付き画像復元用データファイル92を受信し、画像復元用データ補間部19にて第1の実施の形態と同様にして補間処理および変換処を行い、全素子についての光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89を生成する。そして、画像復元用データ補間部19は、生成された全素子についての光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89をタグにて示されるファイルナンバーと対応づけて保存する。

#### 【0071】

次に、画像復元用データファイルを用いて画像データを補正する際の動作を説明する。撮像カメラ11は、被写体を撮像すると、撮像にて得られた画像データに、画像復元用データファイルを特定するためのファイルナンバーを示すタグを付して、タグ付き画像データ93生成して出力する。画像補正装置13では、タグ付きの画像データ93を取り込んで、そのタグで示されるファイルナンバーに対応する光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89を用いて、画像データに対して、デコンボリューション処理および歪曲補正を行う。

#### 【0072】

本実施の形態によれば、画像補正装置13にて、様々な撮像カメラ11の光学的伝達関数および歪曲補正用データを保存している場合にも、取得した画像データに対してデコンボリューション処理部20および歪曲補正部22にて用いるべき光学的伝達関数および歪曲補正用データを取り違えることを防止できる。

#### 【0073】

##### (第5の実施の形態)

次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。図10は、本実施の形態の画像復元システム10を示す図である。画像復元システム10は、携帯電話装置60および画像補正装置13からなる。携帯電話装置60には撮像カメラ11が備えられている。この携帯電話装置60を第1の実施の形態の撮像カメラ11と同様にして、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に設置して、撮像カメラ11にて被測定素子の光学的伝達関数および歪曲特性データからなる画像復元用データファイル86を作成する。携帯電話装置60は、この画像復元用データファイル86を内部メモリ61に保存する。

#### 【0074】

携帯電話装置60は、データ送信部62を備えている。携帯電話装置60の撮像カメラ11にて被写体を撮像して画像データ82が生成されると、この画像データ82と内部メモリ61に保存されている画像復元用データファイル86とがセットになって画像補正装置13に送信される。画像補正装置13は、第1の実施の形態と同様の構成を有している。画像補正装置13の操作者は、画像補正装置13にて画像データ82と画像復元用データファイル86を受信すると、その画像復元用データファイル86を用いて、画像データ82に対してデコンボリューション処理および歪曲補正を行う。

#### 【0075】

上記の構成によれば、画像データとその画像データを復元するための画像復元用データファイルのセットを受信するので、画像補正装置にて容易に元の画像を復元できる。

#### 【0076】

##### (第6の実施の形態)

次に、本発明の第6の実施の形態について説明する。図11は、第6の実施の形態の画像復元システム10を示す図である。画像復元システム10は、携帯電話装置60および画像補正装置13からなる。携帯電話装置60には撮像カメラ11が備えられている。この携帯電話装置60を第1の実施の形態の撮像カメラ11と同様にして、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に設置して、光学的伝達関数84および歪曲特性データ85からなる画像復元用データファイル86を作成する。携帯電話装置60は、この画像復元用データファイル86を内部メモリ61に保存する。

#### 【0077】

携帯電話装置60は、タグ生成部63を備えている。撮像カメラ11にて被写体を撮像して画像データ82が生成されると、タグ生成部63は、内部メモリ61に保存してある画像復元用データファイル86を特定するためのファイルナンバーをタグとして画像データに付加して、タグ付き画像データ92を生成する。

#### 【0078】

携帯電話装置60は、データ送信部62を備えており、データ送信部62は、タグ生成部63にて生成されたタグ付き画像データ92を画像補正装置13に送信する。画像補正装置13は、第4の実施の形態の画像補正装置13と同様の構成を有しており、操作者は、画像補正装置13にてタグ付きの画像データを受信すると、そのタグにて示されるファイルナンバーに対応する画像復元用データファイル86を用いて、取得した画像データに対してデコンボリューション処理および歪曲補正を行う。

#### 【0079】

上記の構成によれば、タグ生成部63により画像データにファイルナンバーを示すタグを付してタグ付き画像データを生成して送信するので、画像補正装置13にて混在したファイルの中から画像復元用データを取り違えることなく処理を行える。また、画像補正装置13にて携帯電話装置60から得た画像データを補正するたびに携帯電話装置60から画像復元用データファイルを送信する必要がなく、通信負担が軽減される。

#### 【0080】

なお、以上の説明では、画像復元用データ生成装置12にて、被測定素子のみの光学的伝達関数84を算出し、画像補正装置13の画像復元用データ補間部19にて、補間処理により被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を求めたが、本発明はこれに限られない。すなわち、画像復元用データ生成装置12にて、補間処理を行い、全素子の光学的伝達関

数を生成してもよい。また、以上の説明では、画像復元用データ生成装置12にて、撮像光学系の歪曲特性を示す歪曲特性データ85を生成し、画像補正装置13の画像復元用データ補間部19にて、歪曲特性データ85を変換して歪曲補正用データ89を生成した。本発明はこれに限られず、画像復元用データ生成装置12にて歪曲補正用データを生成してもよい。

#### 【0081】

また、以上の説明では、撮像素子を構成する素子のうちの一部を被測定素子として、像強度分布データ83を生成して光学的伝達関数を算出し、他の素子については、補間処理によって光学的伝達関数を求めた。本発明はこれに限られず、すべての素子を照射光で走査して、すべての素子の像強度分布データを生成して、補間処理に依ることなく全素子の光学的伝達関数を算出してもよい。

#### 【0082】

また、以上の説明では、像強度分布測定装置にて、ピンホールまたはスリットを通過した照射光を軸外し放物面鏡で反射させて平行光にしたが、収差が補正された透過型光学系を透過させることで平行光にしてもよい。

#### 【0083】

さらに、以上の説明では、撮像カメラまたは反射ミラーを回転させることにより、被測定素子を走査したが、撮像カメラまたは反射ミラーを平行移動させることで被測定素子を走査してもよい。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0084】

以上のように、本発明にかかる光学的伝達関数の測定方法は、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの光学的伝達関数を求めるので、実際に撮像カメラに配置された撮像光学系に起因して生じる画像劣化の要因と、撮像素子の素子クロストークによる画像劣化の要因が反映された光学伝達関数を算出でき、かつ、撮像カメラを分解することなく容易に光学的伝達関数を算出できるという効果を有し、携帯電話装置に搭載される小型または薄型の撮像カメラ等の光学的伝達関数を測定する方法として有用である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0085】

【図1】本発明の第1の実施の形態における像強度分布測定装置の構成図

【図2】本発明の第1の実施の形態における撮像素子の走査の説明図

【図3】本発明の第1の実施の形態における画像復元システムのブロック図

【図4】本発明の第1の実施の形態における像強度分布データ生成部にて生成される点像強度分布データを示すグラフ

【図5】本発明の第1の実施の形態における光学的伝達関数算出部にて算出される光学的伝達関数を示すグラフ

【図6】本発明の第2の実施の形態における像強度分布測定装置の構成図

【図7】本発明の第3の実施の形態における像強度分布測定装置の構成図

【図8】本発明の第3の実施の形態における撮像素子の走査の説明図

【図9】本発明の第4の実施の形態における画像復元システムのブロック図

【図10】本発明の第5の実施の形態の画像復元システムの構成図

【図11】本発明の第6の実施の形態の画像復元システムの構成図

#### 【符号の説明】

#### 【0086】

10 画像復元システム

11 撮像カメラ

12 画像復元用データ生成装置

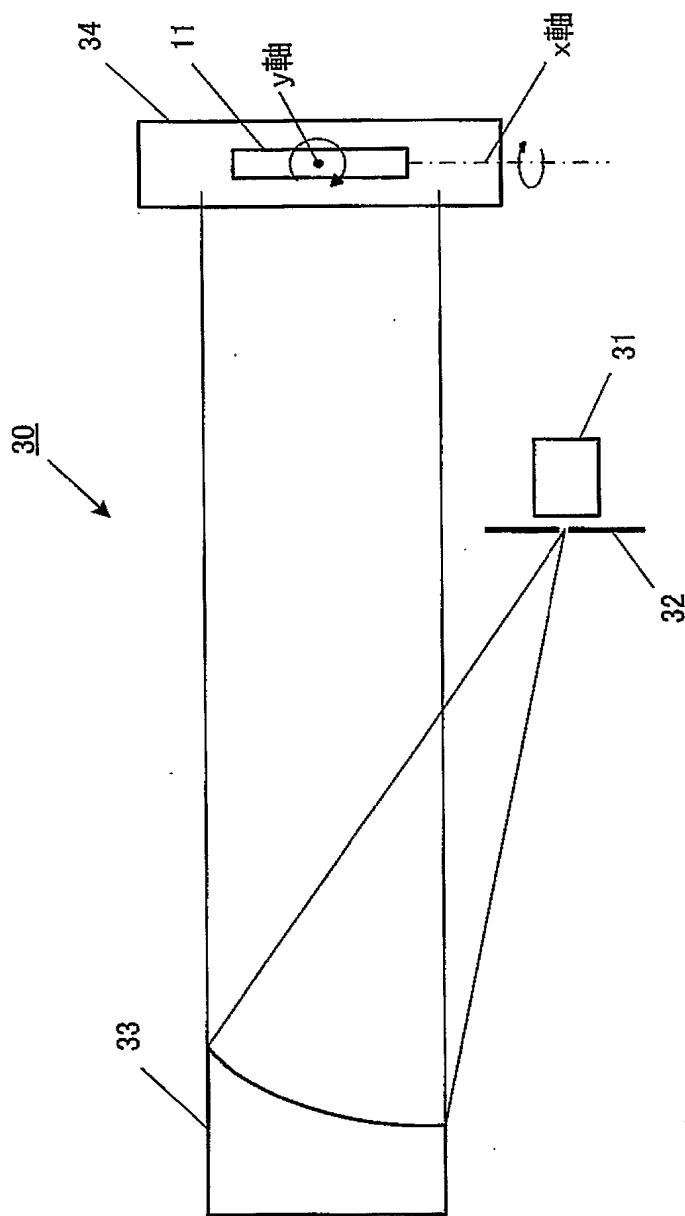
13 画像補正装置

14 像強度分布データ生成部

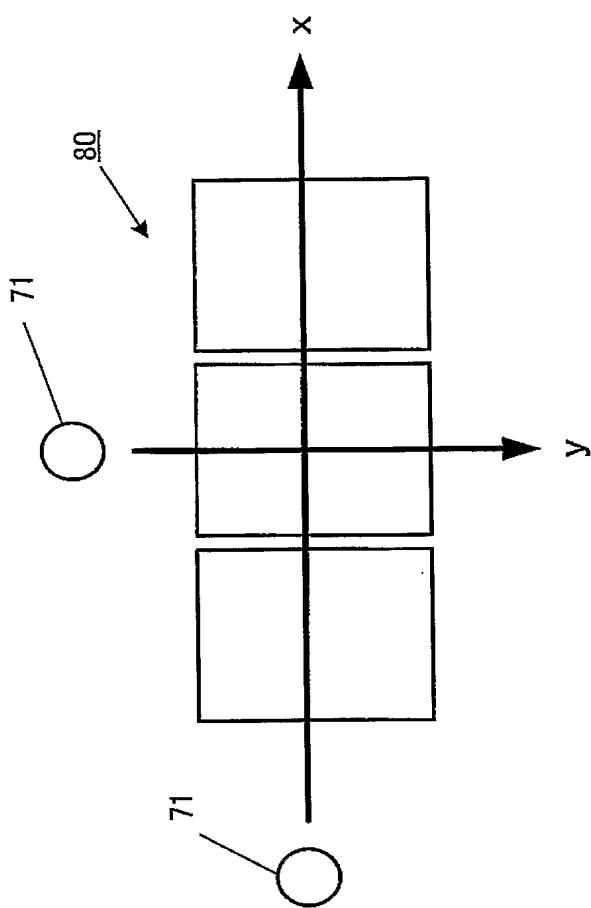
30、40、50 像強度分布測定装置

- 6 0 携帯電話装置
- 7 1 ピンホール像
- 7 2 a、7 2 b スリット像
- 8 3 像強度分布データ
- 8 4 光学的伝達関数
- 8 6 画像復元用データファイル

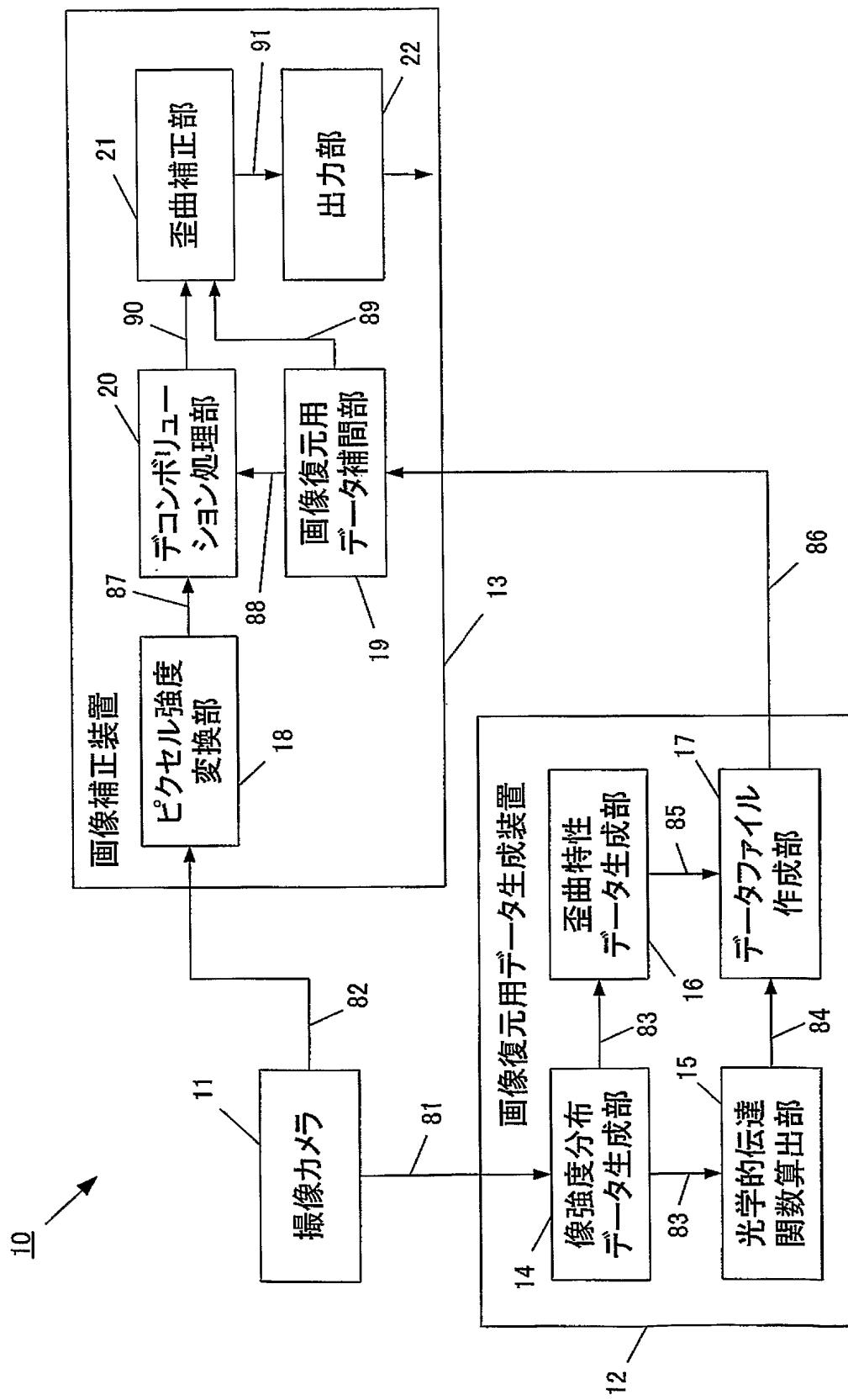
【書類名】 図面  
【図 1】



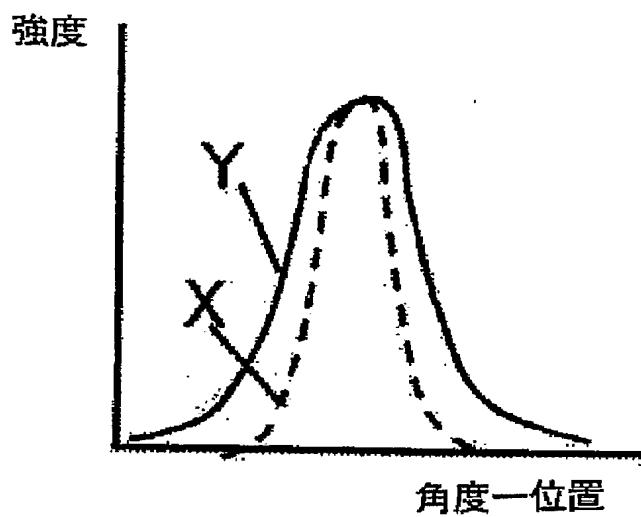
【図2】



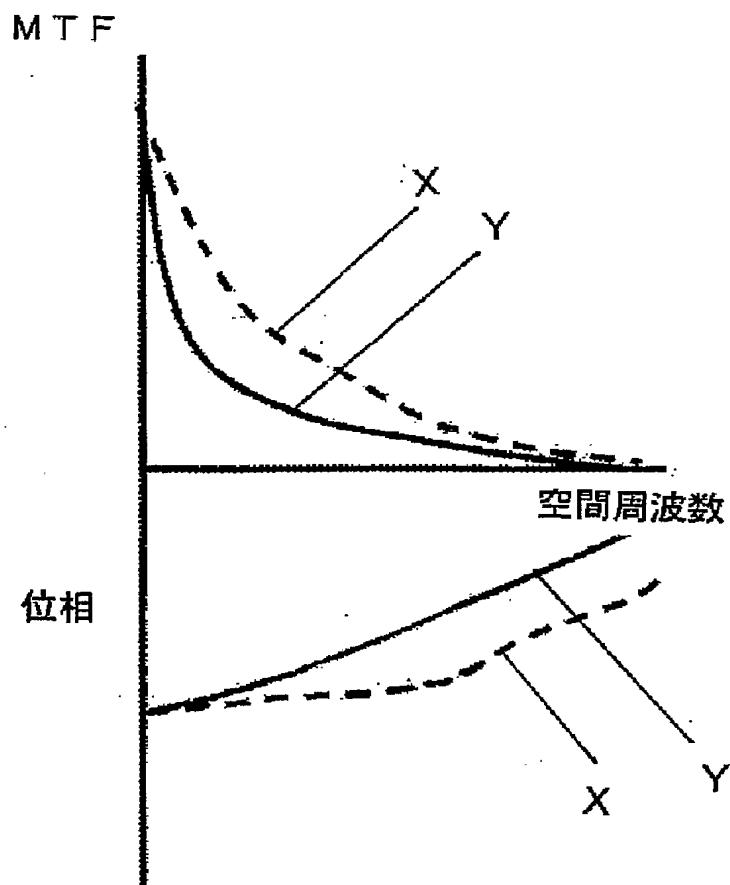
【図 3】



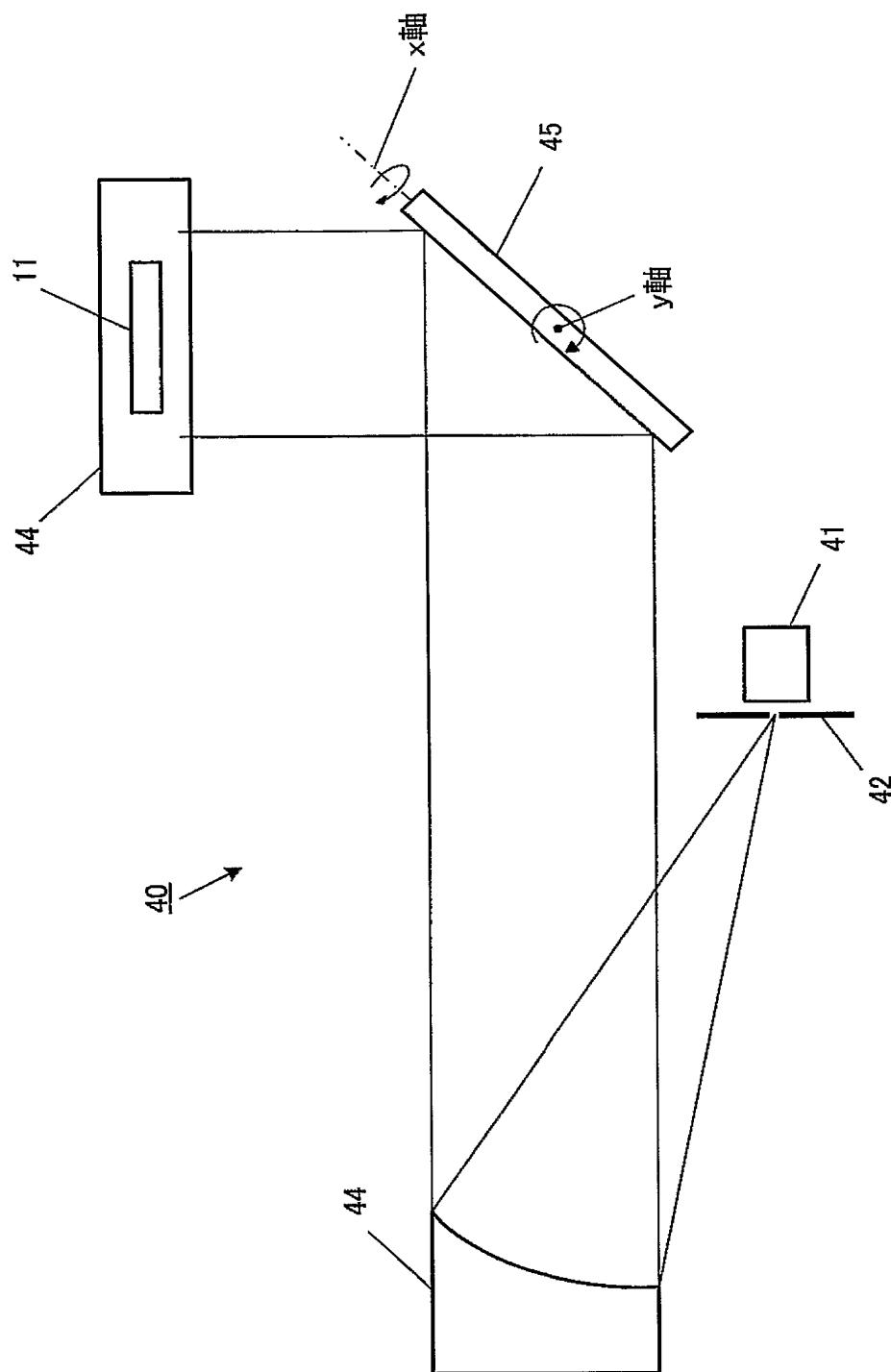
【図4】



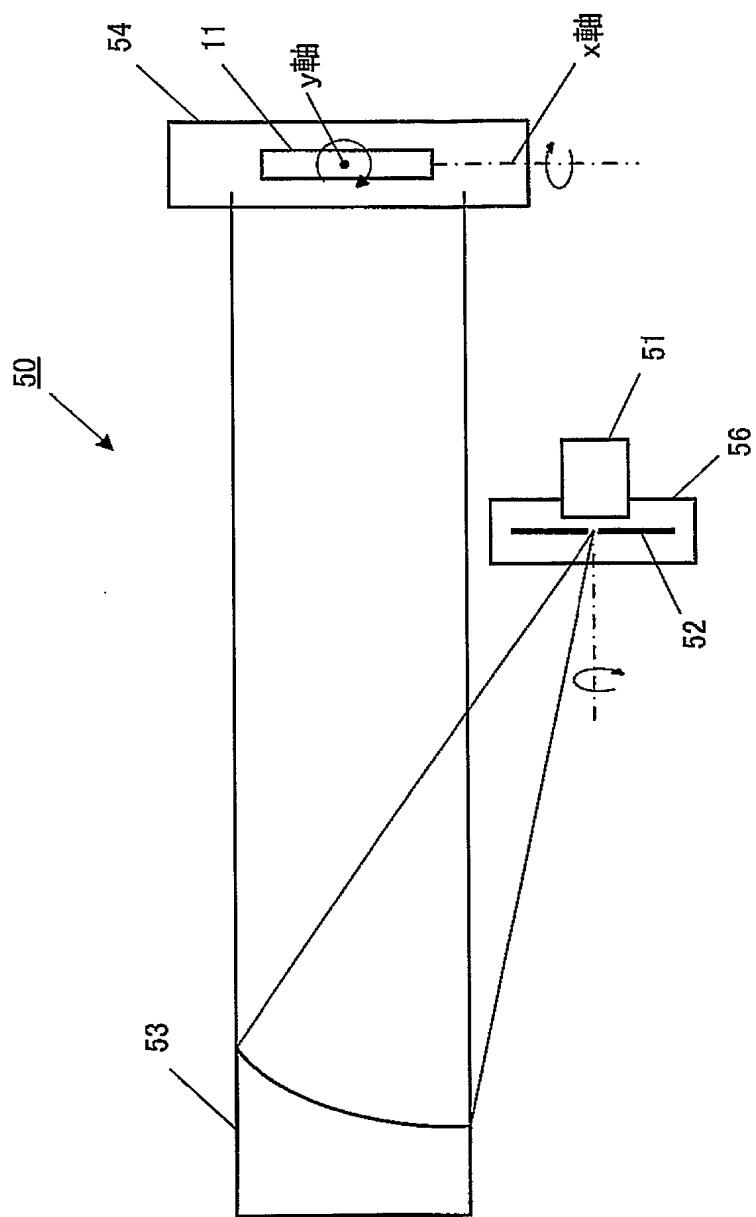
【図5】



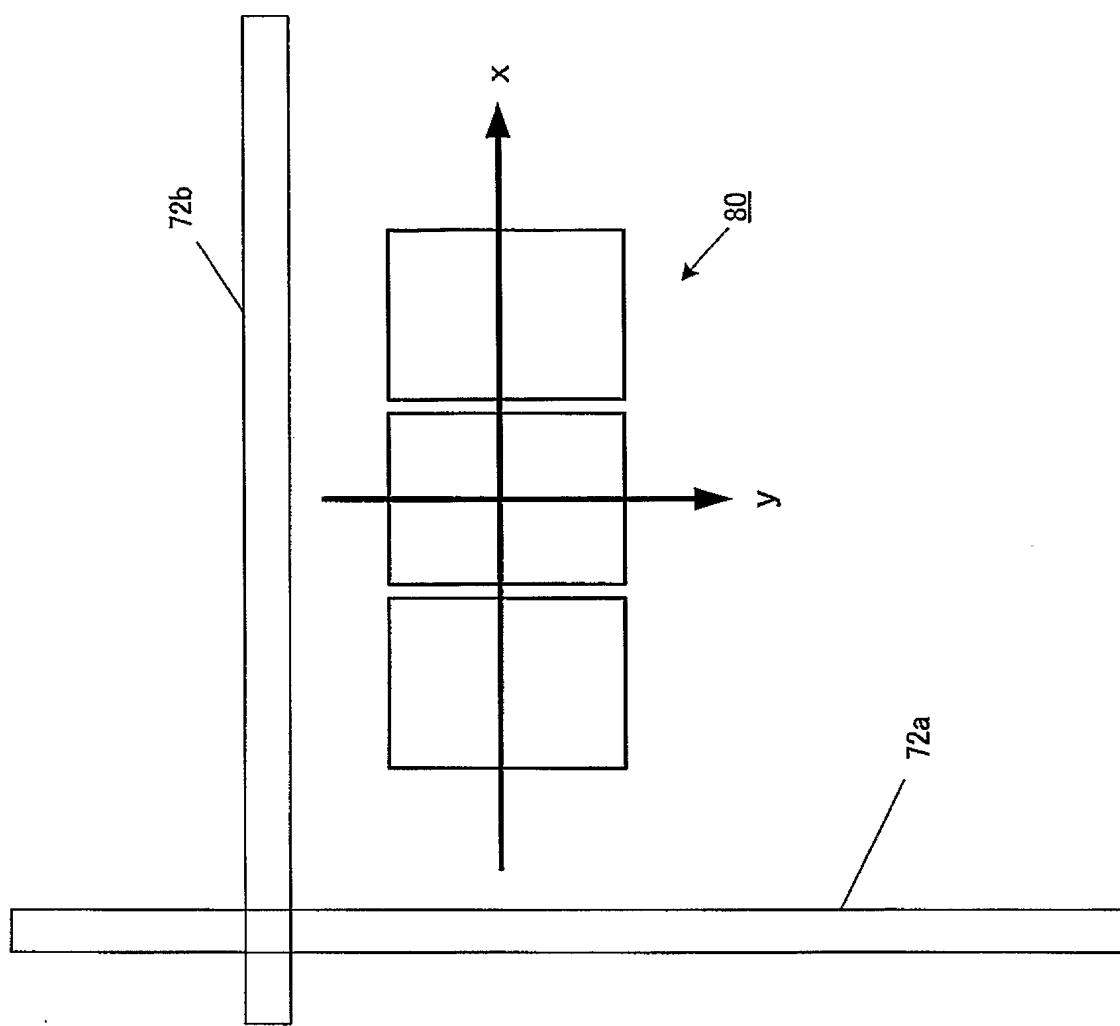
【図6】



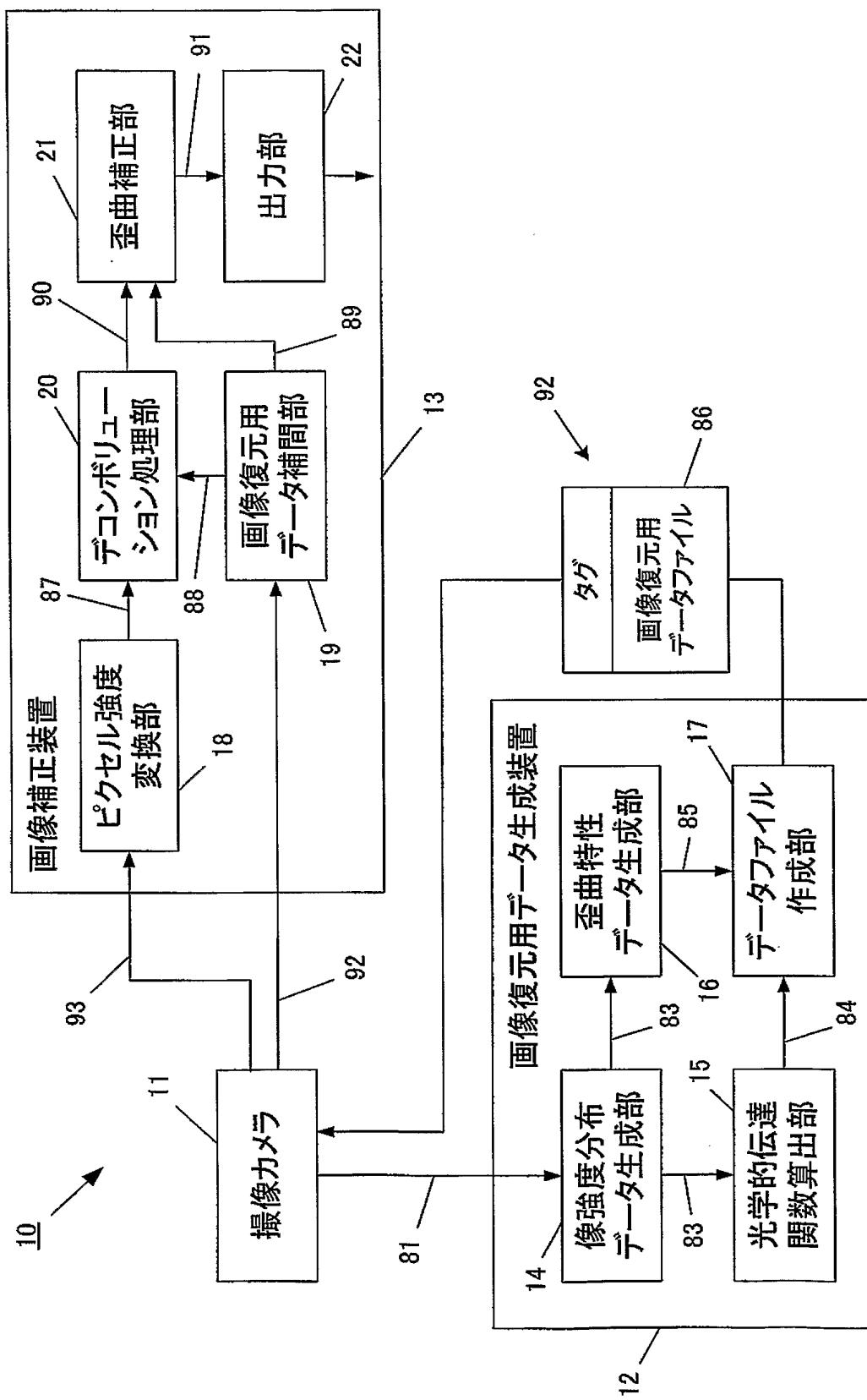
【図7】



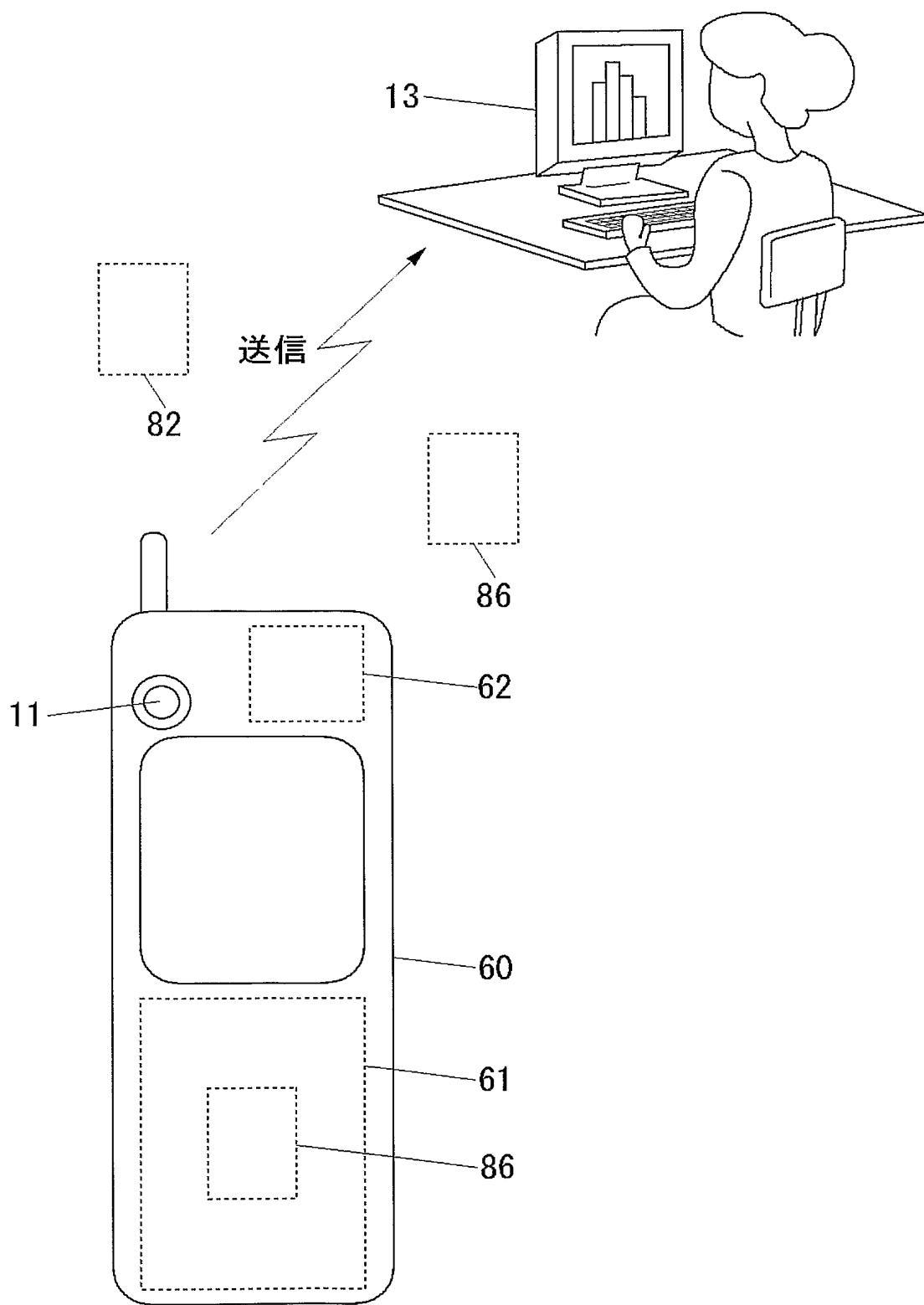
【図8】



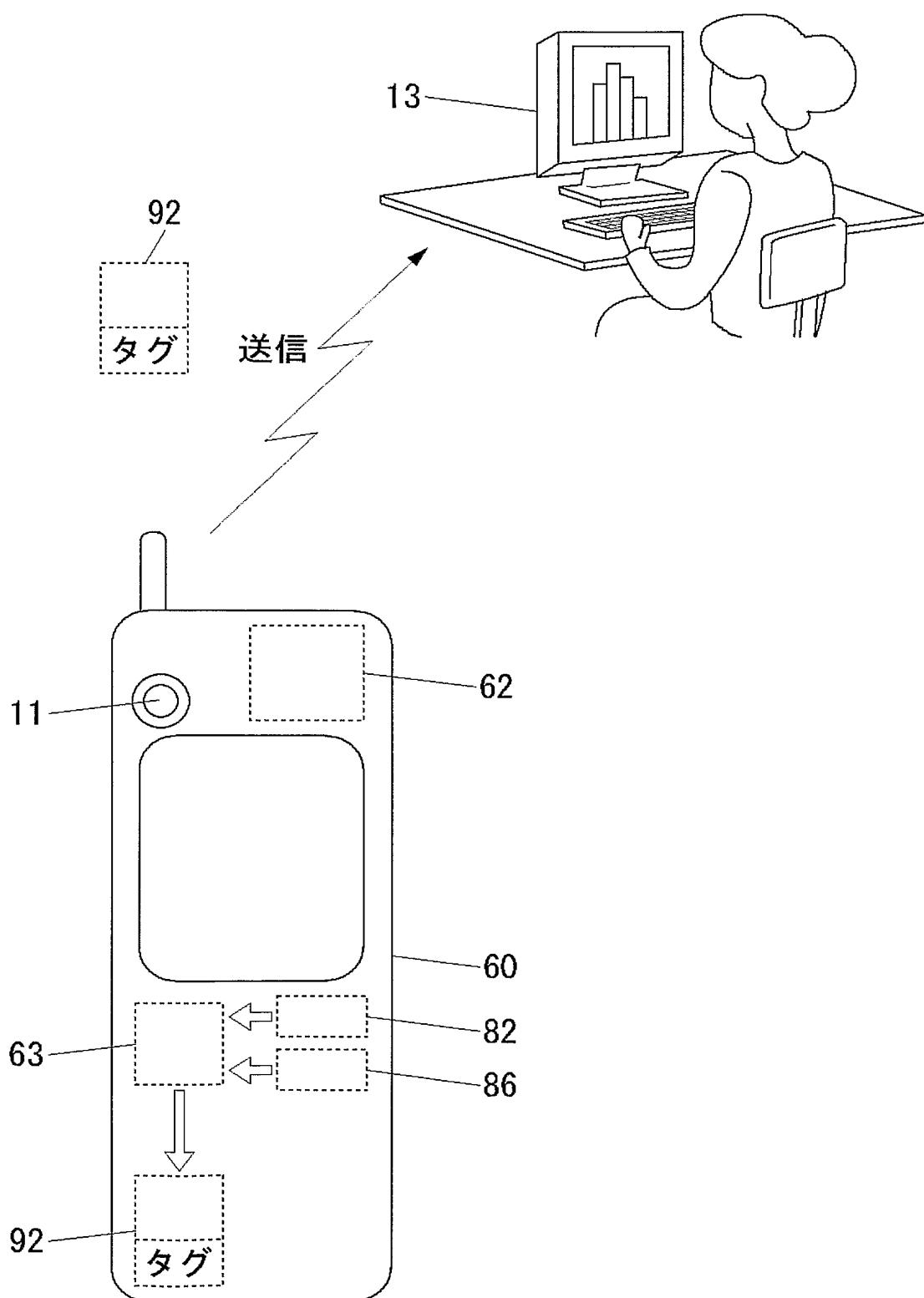
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 撮像光学系の撮像カメラ内での配置や素子間のクロストーク等を含む要因による画像の劣化を好適に復元するための光学的伝達関数を測定する方法を提供する。

【解決手段】 本発明の光学的伝達関数の測定方法は、光源31からの照射光によって、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記照射光を走査する。そして、被測定素子にて照射光を逐次電気信号に変換して、電気信号を出力する。さらに、出力された電気信号に基づいて、点像強度分布データを生成し、これをフーリエ変換して光学的伝達関数を求める。

【選択図】 図1

特願 2004-008056

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏名 松下電器産業株式会社